

ВЕРоятНОСТЬ ИОНИЗАЦИИ АТОМА Хе В СИЛЬНОМ ПОЛЕ
ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С $\lambda \approx 1$ мкм

Т. У. Арсланбеков, Н. Б. Делоне

УДК 621.375.82

Приведены результаты измерения сечения прямого одниннадцатикратного процесса ионизации атома ксенона линейно поляризованным излучением лазера на стекле с неодимом при напряженности поля $E = (6 \pm 1)10^7$ в/см. Вероятность ионизации описывается соотношением $w = \alpha_{11} E^{2(11 \pm 1)}$, где сечение $\alpha_{11} = 10^{-336 \pm 2} \text{ см}^{22} \text{ сек}^{-10}$.

Ионизация атома ксенона в сильном поле излучения лазера на стекле с неодимом ($\lambda \sim 1$ мкм) впервые наблюдалась в 1967 г. /1/. В дальнейшем исследованию этого процесса было посвящено много работ, в том числе измерялась и вероятность ионизации.

К сожалению, все предыдущие измерения вероятности имели различные недостатки – либо использовалась такая частота излучения, при которой процесс ионизации не носил прямого характера, либо использовалось многомодовое излучение, либо измерения проводились с большой ошибкой, присущей абсолютному методу /2/.

Данный эксперимент, по сравнению с предыдущими, имеет три преимущества – во-первых, он проведен при такой частоте и напряженности поля, когда процесс ионизации носит прямой характер; во-вторых, использовалось излучение одночастотного лазера; в-третьих, использовался относительный метод измерения вероятности ионизации, позволяющий получить большую точность.

Модуляция добротности лазера на стекле с неодимом осуществлялась просветляющимся раствором; сложный дисперсионный резонатор позволял осуществлять одночастотный режим генерации в диапазоне $\approx 40 \text{ см}^{-1}$ около максимума линии люминесценции стекла; лазерное излучение было строго линейно поляризовано. При фиксированной частоте энергия излучения Q в ряде последовательных

импульсов генерации лазера линейно затенялась и измерялись соответствующие амплитуды ионного сигнала A_1 . Зависимость $A_1(Q)$ аппроксимировалась степенным соотношением $A_1 \sim Q^k$ в той области изменения Q , где не возникало насыщения ионного сигнала.

В диапазоне частот $9398 \pm 9415 \text{ см}^{-1}$ получены величины

$$K = \frac{\partial \lg A_1}{\partial \lg Q} = 11 \pm 1. \text{ Вне этого диапазона наблюдаются } K \text{ значи-}$$

тельно большие и меньшие, чем II. Так как в соответствии с законом сохранения энергии для ионизации атома ксенона в поле излучения неодимового лазера требуется поглощение $k_0 = II$ квантов, то наблюдение в указанном интервале изменения частоты величины $k \approx k_0$ мы интерпретируем как наблюдение прямого процесса ионизации /2/.

Для измерения сечения этого прямого процесса была выбрана частота 9410 см^{-1} . Величина многофотонного сечения определялась из экспериментальных данных о зависимости $A_1(Q)$ относительным методом /3/, основанным на сопоставлении выхода ионов в области насыщения ионного сигнала с величиной выхода ионов, которая могла бы наблюдаться в отсутствии насыщения. Использование относительного метода позволяет не измерять плотность нейтральных атомов и проводить относительные измерения ряда других параметров, определяющих вероятность ионизации, и, таким образом, резко уменьшить ошибку измерения по сравнению с абсолютным методом. Получена величина сечения $\alpha_{11} = 10^{-335,6 \pm 2} \text{ см}^{22} \text{ сек}^{10}$. Измерения проведены при напряженности поля $E = (6 \pm 1)10^7 \text{ в/см}$ и величине параметра адиабатичности $\gamma \approx 5 \pm 1$.

Измеренную величину сечения можно сравнить с результатами расчетов, выполненных как методом теории возмущений, так и квазиклассическим методом. Основанием для первого сопоставления является наблюдение степенной зависимости с показателем $k \approx k_0$, основанием для второго является большая напряженность поля $E \sim 10^{-2} E_{ат}$, при которой наблюдается ионизация. Расчет /4/ по теории возмущений дает $\alpha_{11} = 10^{-335,3}$, а расчет в квазиклассическом приближении /5/ дает $\alpha_{11} = 10^{-336,4}$ в тех же единицах, что и данные эксперимента. Хорошее согласие, которое дают оба метода, и хорошее соответствие экспериментальным данным на наш взгляд, не удивительно, так как все три цифры относятся к промежуточной области, когда параметр адиабатичности /2/ $\gamma \approx 5$. Однако, навер-

но преждевременно делать из этого совпадения какие-либо далеко идущие выводы, так как ряд важных характеристик процесса ионизации при $\gamma \sim 1$ не учитывается ни тем, ни другим методом. Примером является сильное возмущение атомного спектра, обнаруженное в экспериментах /6/ и подтвержденное приведенными выше данными о зависимости $k(\omega)$.

Авторы благодарны Д. Т. Алимову и В. Г. Овчинникову за помощь в проведении экспериментов.

Поступила в редакцию
2 августа 1975 г.

Л и т е р а т у р а

1. Г. В. Быстрова, Г. С. Воронов, Г. А. Делоне, Н. Б. Делоне. Письма в ЖЭТФ, 5, 223 (1967).
2. Н. Б. Делоне. УФН, 116, 361 (1975).
3. G. A. Delone, N. B. Delone, G. K. Riskova. Contr. pap. 10 Int. Conf. Phen. Ionis. Gases, p. 40, Oxford (1971).
4. N. L. Manakov, M. H. Preobrazhenskii, L. P. Rapoport. Contr. pap. 11. Int. Conf. Phen. Ionis. Gases, p. 25, Prague (1973).
5. А. М. Переломов, В. С. Попов. ЖЭТФ, 52, 514 (1967).
6. Д. Т. Алимов, Н. Б. Делоне. ЖЭТФ, 70, 29 (1976).